

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-086324

(43)Date of publication of application : 02.04.1996

(51)Int.Cl.

F16D 65/12
B22D 19/00

(21)Application number : 06-247298

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 13.09.1994

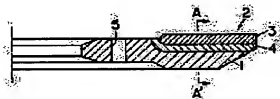
(72)Inventor : MAKINO TAIZO
YAMAMOTO MITSUSACHI

(54) LIGHT WEIGHT COMPOUND BRAKE DISC AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a light weight compound brake disc which shows excellent durability compared to the brake disc adopting aluminum or aluminum alloy, and shows abrasion resistance, heat resistance and crack resistance to the same extent as the brake disc adopting iron or steel alone.

CONSTITUTION: A base 1 is made of aluminum or aluminum alloy. A surface layer 3 of a sliding surface 2 is made of iron or steel. A laminated material 4 is arranged between the base 1 and the surface layer 3 of the sliding surface 2, which material 4 is made of porous material such as iron or steel sponge-like metal and metal fiber compression molded body, having different porosities, and impregnated with molten metal of aluminum or aluminum alloy. Property and durability excellent as a brake disc are obtained, in addition, light weight suitable for reduction of a car body is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-86324

(43) 公開日 平成8年(1996)4月2日

(51) IntCl.⁶

F 1 6 D 65/12

B 2 2 D 19/00

識別記号

庁内整理番号

P

G

P

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-247298

(22) 出願日 平成6年(1994)9月13日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 牧野 泰三

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72) 発明者 山本 三幸

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 押田 良久

(54) 【発明の名称】 軽量複合ブレーキディスク及びその製造方法

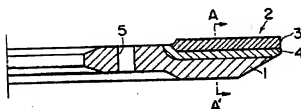
(57) 【要約】

【目的】 アルミニウムあるいはアルミニウム合金を使用したブレーキディスクよりも耐久性に優れ、鉄あるいは鋼を単体で使用したブレーキディスクと同等程度の耐摩耗性、耐熱性及び耐熱亀裂性が得られる軽量複合ブレーキディスクを提供する。

【構成】 基材1がアルミニウムまたはアルミニウム合金で、摺動面2の表面層3が鉄または鋼からなり、基材1と摺動面2の表面層3との間に、空孔率の異なる鉄または鋼のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体の多孔質材料からなり、該空孔にアルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を浸透させた積層材料4を介してな

る。

【効果】 ブレーキディスクとしての物性及び耐久性に優れ、しかも非常に軽量なため、車体の軽量化に寄与できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基材がアルミニウムまたはアルミニウム合金で、摺動面の表面層が鉄または鋼からなり、基材と摺動面の表面層との間に、空隙率の異なる鉄または鋼のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体からなる多孔質材料で該空隙にアルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を浸透させた積層材料が存在することを特徴とする軽量複合ブレーキディスク。

【請求項 2】 基材と摺動面の表面層との間に存在する鉄または鋼のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体からなる多孔質材料で該空隙にアルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を浸透させた積層材料の物性が、連続的または段階的に変化することを特徴とする請求項 1 記載の軽量複合ブレーキディスク。

【請求項 3】 予め摺動面の表面層となる鉄または鋼の部材を鍛造または鍛造にて作製し、当該鉄または鋼の部材上に、空隙率の異なる鉄または鋼のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体を 1 枚以上積層し、当該積層体上からアルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を流し込み一体に鍛造することを特徴とする軽量複合ブレーキディスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、摩擦によって機械的に制動力を得るディスクブレーキの軽量複合ブレーキディスク及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 鉄道車両や自動車及び自動二輪車等の機械式制動方式としては、主にブロックブレーキ、ドラムブレーキ及びディスクブレーキ等が使用されている。そして、近年は車両の高速化、高荷重化に伴い、ディスクブレーキが多く使用されるようになった。このディスクブレーキは、ブレーキディスクとブレーキライニングとの摩擦によって制動力を得るブレーキ装置である。そのブレーキディスクは、ドーナツ型円板形状の摺動面と、該摺動面をその後背部で支持し摺動面内側で車輪等の車両回転部材に取り付ける基材部より構成され、車両走行時に回転している摺動面に、ブレーキライニングが押圧されることにより、制動力を得る機能を有するため、ディスクブレーキにおいて最も重要な部材である。

【0003】 ブレーキディスク用材料に要求される機能としては、制動時に摩擦による摩耗と熱負荷を受けるので、耐摩耗性、耐熱性、耐熱亀裂性が挙げられる。このうち耐熱亀裂性とは、熱応力の繰返しにより発生する熱疲労亀裂をいう。

【0004】 これまでブレーキディスクには、耐摩耗性、耐熱性、耐熱亀裂性の良い铸铁、鋳鋼及びステンレス鋼等が使用されてきた。しかしながら、昨今の車両の高速化、地球環境保護のための省エネ化等による軽量化ニーズの高まりの中で、比重が鉄あるいは鋼の 1/3 程

度であるアルミニウムあるいはアルミニウム合金をブレーキディスクに使用するという動きが見られる。

【0005】 アルミニウム及びアルミニウム合金は、耐摩耗性、耐熱性、耐熱亀裂性の全ての面で鉄及び鋼より劣るものの、単体でブレーキディスクとして使用する場合は、その熱伝導性が高いためから摩擦による熱が比較的早く放散されるため、熱容量を十分に抑えれば、鉄あるいは鋼を単体でブレーキディスクとして使用する場合に比べて、摺動面の温度上昇を低く抑えることが可能である。したがって、使用材料を鉄あるいは鋼からアルミニウムあるいはアルミニウム合金に変更した場合のブレーキディスクとしての耐熱性、耐熱亀裂性は、材料自体の比較から予測されるほど低下しない。

【0006】 しかしながら、ブレーキディスクとしての耐摩耗性は、使用材料を鉄あるいは鋼からアルミニウムあるいはアルミニウム合金に変更すると、材料自体の比較と同様に著しく低下する。そのため、アルミニウムあるいはアルミニウム合金は、単体ではブレーキディスクとしての使用に耐えられない。

【0007】 このようなアルミニウムあるいはアルミニウム合金を単体でブレーキディスクとして使用した場合の問題点を解決するため、いくつかのブレーキディスクが提案されている。例えば、アルミニウム合金を母材として、摺動面が耐摩耗性の良い Fe-Cr-C 系合金により被覆されたブレーキディスク（特開昭 60-89558 号公報）や、アルミニウム合金中にアルミナ、炭化珪素等の粒子または繊維を分散させて高耐摩耗性を与えたブレーキディスク（特開昭 59-173234 号公報）がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前者の特開昭 60-89558 号公報に記載されたブレーキディスクでは、摺動面に被覆した Fe-Cr-C 系合金層とアルミニウム合金基材との弾性率、線膨張率等の物性が大きく異なることから、制動時に熱膨張の差により Fe-Cr-C 系合金層とアルミニウム合金基材との界面において剥離が生じるという問題がある。

【0009】 また、後者の特開昭 59-173234 号公報に記載されたブレーキディスクでは、摺動面に複合材料の母層であるアルミニウム合金が露出しているため、表面で荒れや変色が生じ、使用時間に対し摩擦特性が安定せず、かつ粒子が均一に分散していないため、摺動面内の場所により摩擦特性や摩耗量が異なるという問題がある。

【0010】 この発明は、前記従来のブレーキディスクに見られる問題点を排除するため、従来のアルミニウムあるいはアルミニウム合金を使用したブレーキディスクよりも耐久性に優れ、鉄あるいは鋼を単体で使用するブレーキディスクと同程度の耐摩耗性、耐熱性及び耐熱亀裂性が得られる軽量複合ブレーキディスクを提供する

ものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、前記目的を達成するため、種々検討を重ねた結果、下記のブレーキディスク及びその製造方法を完成するに至った。

(1) この発明の軽量複合ブレーキディスクは、基材がアルミニウムまたはアルミニウム合金で、摺動面の表面層が鉄または鋼からなり、基材と摺動面の表面層との間に、空孔率の異なる鉄または鋼のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体からなる多孔質材料で該空孔にアルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を浸透させた積層材料が介在することを特徴とする。

【0012】(2) 前記軽量複合ブレーキディスクにおいて、基材と摺動面の表面層との間に介在する空孔率の異なる鉄または鋼のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体からなる多孔質材料で該空孔にアルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を浸透させた積層材料の物性が、連続的または段階的に変化することを特徴とする。

【0013】(3) この発明の軽量複合ブレーキディスクの製造方法は、予め摺動面の表面層となる鉄または鋼の部材を鍛造または鍛造にて作製し、当該鉄または鋼の部材上に、空孔率の異なる鉄または鋼のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体を1枚以上積層し、当該積層体上からアルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を流し込み一体に鍛造することを特徴とする。

【0014】

【作用】図1に示すように、この発明の軽量複合ブレーキディスクは、基材1がアルミニウムまたはアルミニウム合金で、摺動面2の表面層3が鉄または鋼からなり、基材1と表面層3の間に、空孔率の異なる鉄または鋼のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体からなる多孔質材料で該空孔にアルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を浸透させた積層材料4を介在してなる。なお、5はボルト孔である。

【0015】前記積層材料4は、鉄または鋼とアルミニウムまたはアルミニウム合金との中間の物性を有するため、アルミニウムまたはアルミニウム合金の基材1と鉄または鋼の表面層3を直接接合した構造よりも、界面での熱膨張の差による剥離や内部亀裂が生じ難い。ここで、表面層3の厚さは、特に限定する必要はないが、使用時の摩擦量や軽量化効果等を考慮して、ブレーキディスクの最大厚さの3〜30%とすることが望ましい。

【0016】更に、この発明の軽量複合ブレーキディスクでは、図2に示すように、基材1と摺動面の表面層3との間に介在する積層材料4の組成を、ディスクの板厚方向または円周方向に連続的または段階的に変化させる場合もある。

【0017】このときのブレーキディスク要部を図1に示すA-A'線上の断面で図2(a)に示す。また、図

2(b)に図2(a)における表面層3と積層材料4及び基材1の体積率が段階的に変化する場合の分布を示す。このように、各構成層の体積率が段階的に徐々に変化すると、図2(c)に示すようにヤング率、線膨張係数の物性も段階的に変化する。したがって、表面層と積層材料及び積層材料と基材との界面において内部亀裂や剥離がより生じ難くなる。更に、図2(b)の体積率分布を制御することにより、温度と線膨張係数から決まる熱膨張を厚さ方向に均一とすることが可能となる。この均一化はブレーキディスクの熱変形の抑制に効果がある。

【0018】次に、この発明の軽量複合ブレーキディスクの製造方法について説明する。図3に、この発明の軽量複合ブレーキディスクの製造方法のフローを示す。まず、摺動面の表面層となる鉄または鋼の部材を鍛造または鍛造により作製する。当該部材の材料は、鉄または鋼であれば特に限定しないが、鍛造で作製する場合には鍛造用鋼JIS S45C鋼、AISI 4330鋼を、また鍛造で作製する場合にはNCM鋼鉄、16Crステンレス鋼等の使用が好ましい。

【0019】次いで、前記摺動面の表面層の上に、空孔率の異なる鉄または鋼のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体6を1枚以上積層して、図4に示す積層体を形成する。なお、7は空孔を示す。

【0020】前記スポンジ状金属は、金属粉末とポリマー等の固体有機化合物とを混合・焼結し、焼結時に固体有機化合物粉末を溶融・流出させることにより、空孔を均一に分散させて作製するものであり、既に周知の技術である。固体有機化合物粉末の量を制御することにより、所望の空孔率を得ることができる。

【0021】また、前記金属繊維圧縮成形体は、スチールウール等の鉄または鋼の繊維を圧縮成形するか、または鉄または鋼の粉末に可塑性を付与したものを繊維状に成形し、圧縮した後焼結する方法で作れる。圧縮成形時の圧力または繊維径を制御することにより、所望の空孔率を得ることができる。なお、摺動面の表面層部材とスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体との間、及びスポンジ状金属同志の間、金属繊維圧縮成形体同志の間では、ろう付け等により接合してもよい。

【0022】最後に、前記積層体上からアルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を流し込み、一体鍛造して軽量複合ブレーキディスクが得られる。この際の鍛造は、積層体を金型または砂型から構成した鋳型内の所定位置に納めて行なわれるが、鋳型内の雰囲気は大気中でもかまわないが、溶湯が浸透しやすいように、減圧し、更に不活性ガス雰囲気とし、かつ鋳型内に収納する積層体は十分に予熱しておくことが好ましい。また、必要に応じて溶湯を加圧することもできる。

【0023】アルミニウムまたはアルミニウム合金の溶

5

湯材料としては、高温での強度が比較的高い材料が好ましい。例えば、JIS 5083アルミニウム合金、JIS 6061アルミニウム合金、Al-Mg系合金がある。

【0024】鉄または銅とアルミニウムまたはアルミニウム合金が、高温で接触すると、その界面に脆質な金属間化合物である Fe_3Al が発生するため、上記組合せの接合は困難である。この発明では、このような金属間化合物の発生量を低く抑えるために、 casting前記積層体の前処理として、その表面及び空孔内表面に薄い酸化膜を形成することが望ましい。

【0025】このような薄い酸化被膜は、積層体が鉄あるいは銅から構成されるため、脱脂を行わなければ、または脱脂した後1時間以上大気中に放置しておくを得られる。

【0026】以上の前処理を行っても、前記界面には厚さ数ミクロン程度の金属間化合物が生成することは免れないため、前記積層体の空孔内に浸透したアルミニウムまたはアルミニウム合金が一種のくさびの効果を発現して強固に接合する必要がある。このためには、積層体内のスポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体の空孔及び金属部分の寸法を金属間化合物層の厚さより大きくしなくてはならない。すなわち、スポンジ状金属では、その製造時に使用する金属粉末及び固体有機化合物粉末の径を $10\mu m$ 以上とし、金属繊維圧縮成形体では金属繊維径を $10\mu m$ 以上とすることが好ましい。

【0027】以上の手順で作製した軽量複合ブレーキディスクについて、必要に応じ機械加工や冷間または温間プレス等による寸法修正、冷却フィン、リップ等の取付け、ロール掛けやショットピーニング等による圧縮残留応力の付与等の後処理を行ってもよい。なお、冷却フィン、リップ等は、鋳型の形状を工夫することにより、铸造の段階で形成することができる。

【0028】前記のように構成した軽量複合ブレーキディスクは、従来のアルミニウムまたはアルミニウム合金製のものに比べ耐久性に優れ、また鉄または鋼製のものと同等程度の優れた耐摩耗性、耐熱性、耐熱亀裂性が得られる。

【0029】

【実施例】この発明の実施例として、鉄道車両に装着される車輪内接型ブレーキディスクを対象とする図面に基いて説明する。摺動面の表面層3となる部材として、JIS S45C鋼を使って厚さ3mm、内径47.5mm、外径75.5mmのドーナツ型円板を鍛造により作製した。

【0030】次いで、前記ドーナツ型円板の部材上に、JIS S45C鋼製のスポンジ状金属を2枚積層し、積層体を作製した。該積層体の空孔率は、ドーナツ型円板部材の直上のもので30%、その上に載せられたもので70%である。なお、スポンジ状金属の形状は前

6

記ドーナツ型円板と同じで、その寸法は2枚とも厚さ2mm、内径30.3mm、外径75.5mmである。

【0031】そして、前記積層体を鋳型内の所定位置に収納し、積層体を鋳型周囲に設置したヒータにより $400^{\circ}C$ 以上に予熱した鋳型に、JIS 5083アルミニウム合金の溶湯を流し込み一体铸造した。このとき、溶湯は背後から圧入した。

【0032】その後、铸造製品に機械加工を施して、ドーナツ型円板形状で最大厚さ4.3mm、内径30.3mm、外径75.5mm、重量約40kgの軽量複合ブレーキディスクに仕上げた。この発明の実施による前記軽量複合ブレーキディスクの重量は、同寸法で冷却フィンを備えた鋼単体のブレーキディスクに比べ約30%軽量化されている。

【0033】以上の手順で作製したこの発明の軽量複合ブレーキディスクについて、摺動面部分を厚さ方向に切断し、その断面を観察した。その結果、JIS S45C鋼製のスポンジ状金属の空孔内にJIS 5083アルミニウム合金がよく浸透しており、鑄巣すなわちスポンジ状金属に残存している空孔は断面の面積率で5%以内であった。これは、通常の铸造での鑄巣の面積率(ポイド率)と同程度である。そして、スポンジ状金属とアルミニウム合金との界面で金属酸化物 Fe_3Al の発生を確認したが、その金属間化合物層の厚さは2mm程度であり、前記したくさび効果のため、マクロ的な接合強度には問題がない。

【0034】次に、この発明の軽量複合ブレーキディスクについて、試験条件として初速 350 km/h 、ブレーキ回数500回で台上ブレーキ試験を行なった。なお、比較のため、基材にJIS 5083アルミニウム合金を用い、その上に摺動面の摺動層としてJIS S45C鋼を被覆したブレーキディスク(以下S45C被覆A1ブレーキディスクという)、及び鍛造により作製したJIS S45C鋼単体のブレーキディスク(以下S45C単体ブレーキディスクという)をも試験した。この試験では、この発明の軽量複合ブレーキディスク、比較例のS45C被覆A1ブレーキディスク及びS45C単体ブレーキディスクとも、それぞれブレーキディスク2体を、摺動面を外側に張り付けた供試体セット、すなわち各2体ずつ計6体を用いた。

【0035】前記条件で試験を行なった結果、全てのブレーキディスクで摺動面における亀裂の発生や表面剥れは見られなかった。また、ディスク摩耗量は0.15mm程度、ライニング摩耗量はブレーキ回数500回当たり3.5mm程度であり、この発明の軽量複合ブレーキディスクとS45C被覆A1ブレーキディスクとS45C単体ブレーキディスクと摩耗量の違いは見られなかった。試験後、この発明の軽量複合ブレーキディスクとS45C被覆A1ブレーキディスクを厚さ方向に切断し、断面を観察したところ、この発明の軽量複合ブレーキデ

50

ディスクでは、界面での内部亀裂や剥離は見られなかった。これに対し、S45C被覆A1ブレーキディスクでは、界面にて熱膨張差に起因する剥離が生じていた。

【0036】したがって、この発明の軽量複合ブレーキディスクは、耐磨耗性、耐熱性、耐熱亀裂性がS45C単体ブレーキディスクと同等程度の高レベルにあり、かつ耐久性がS45C被覆A1ブレーキディスクより優れ、しかもS45C単体ブレーキディスクよりも軽量であることが証明された。

【0037】

【発明の効果】この発明の軽量複合ブレーキディスクによれば、基材としてアルミニウムまたはアルミニウム合金を用いるにも係わらず従来のアルミニウムまたはアルミニウム合金を使用したブレーキディスクよりも耐久性があり、また鉄または鋼単体のブレーキディスクと同等程度の耐磨耗性、耐熱性、耐熱亀裂性を実現し、しかも車体の軽量化に寄与できる。

【図面の簡単な説明】

* 【図1】この発明の実施による軽量複合ブレーキディスクの半分を示す縦断面図である。

【図2】(a)は図1のA-A'線上の一部断面で構成層の説明図、(b)は(a)における体積率を示すグラフ、(c)は同じく物性(ヤング率、線膨張係数)を示すグラフである。

【図3】この発明の軽量複合ブレーキディスクの製造方法を示すフローチャートである。

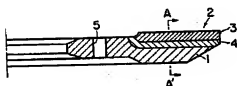
【図4】この発明の実施によるブレーキディスクの摺動面の表面層積層体の一例を示す斜視図である。

10

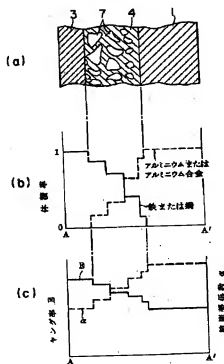
【符号の説明】

- 1 基材
- 2 摺動面
- 3 表面層
- 4 積層材料
- 5 ボルト孔
- 6 スポンジ状金属または金属繊維圧縮成形体
- 7 空孔

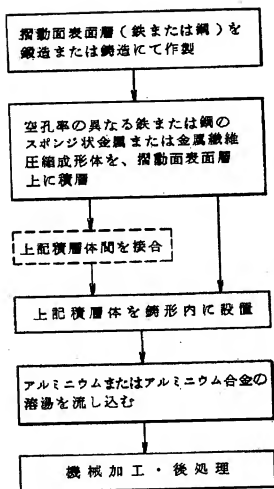
【図1】



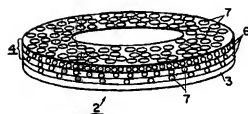
【図2】



【図3】



【図4】



*** NOTICES ***

JPO and NCIPF are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The lightweight compound brake disc characterized by being placed between these holes by the charge of a laminated wood which the molten metal of aluminum or an aluminium alloy was made to permeate with the porous material which the surface layer of a sliding surface becomes from iron or steel, and a base material becomes from the sponge-like metal or metal fiber compression-molding object of the iron with which void contents differ between a base material and the surface layer of a sliding surface, or steel with aluminum or an aluminium alloy.

[Claim 2] The lightweight compound brake disc according to claim 1 with which the physical properties of the charge of a laminated wood which made the molten metal of aluminum or an aluminium alloy permeate this hole with the porous material which consists of the sponge-like metal or metal fiber compression-molding object of the iron which intervenes between a base material and the surface layer of a sliding surface, or steel are characterized by changing continuously or gradually.

[Claim 3] The manufacture approach of the lightweight compound brake disc which produces the member of the iron which serves as a surface layer of a sliding surface beforehand, or steel by forging or casting, carries out the one or more sheet laminating of the sponge-like metal or metal fiber compression-molding object of the iron with which void contents differ on the member of the iron concerned or steel, or steel, and is characterized by slushing the molten metal of aluminum or an aluminium alloy from on the layered product concerned, and casting to one.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the lightweight compound brake disc and its manufacture approach of the disk brake which acquires damping force mechanically by friction.

[0002]

[Description of the Prior Art] As mechanical braking methods, such as a rail car, and an automobile, a motor bicycle, block brake, the drum brake, the disk brake, etc. are mainly used. And many disk brakes came to be used with improvement in the speed of a car, and the formation of the Takani pile in recent years. This disk brake is a brake gear which acquires damping force by friction with a brake disc and brake lining. Since the brake disc has the function to acquire damping force when it consists of the base material sections which support doughnut mold disk type-like a sliding surface and this sliding surface in the back section, and are attached in car rotation members, such as a wheel, by the sliding-surface inside and brake lining is pressed by the sliding surface which is rotating at the time of car transit, it is the most important member in a disk brake. [0003] Since the wear and the thermal load by friction are received as a function required of the charge of brake disc material at the time of braking, abrasion resistance, thermal resistance, and heat-resistant crack nature are mentioned. Among these, heat-resistant crack nature means the thermal fatigue crack generated by the repeat of thermal stress.

[0004] The good cast iron of abrasion resistance, thermal resistance, and heat-resistant crack nature, forged steel, stainless steel, etc. have so far been used for a brake disc. However, motion of using the aluminum or the aluminium alloy whose specific gravity is about [of iron or steel] 1/3 for a brake disc in a rise of the lightweight-ized needs by energy saving for improvement in the speed of the car of these days and earth environmental protection etc. is seen.

[0005] It is possible to press down the temperature rise of a sliding surface low compared with the case where iron or steel will be alone used as a brake disc if heat capacity is fully taken, since stripping of the heat by friction since the thermal conductivity is high when using it as a brake disc alone, although aluminum and an aluminium alloy are inferior to iron and steel in all respects of abrasion resistance, thermal-resistance, and heatproof crack nature is carried out comparatively early. Therefore, the thermal resistance as a brake disc at the time of changing the material of construction into aluminum or an aluminium alloy from iron or steel and heat-resistant crack nature do not fall, so that they are predicted from the comparison of the ingredient itself.

[0006] However, the abrasion resistance as a brake disc will fall remarkably like the comparison of the ingredient itself, if the material of construction is changed into aluminum or an aluminium alloy from iron or steel. For this reason, alone, aluminum or an aluminium alloy cannot bear the use as a brake disc.

[0007] In order to solve the trouble at the time of using such aluminum or an aluminium alloy as a brake disc alone, some brake discs are proposed. For example, there are a brake disc (JP,60-89558,A) by which the sliding surface was covered with the wear-resistant good Fe-Cr-C system alloy, and a brake disc (JP,59-173234,A) which was made to distribute a particle or fiber, such as an alumina and silicon carbide, and gave high abrasion resistance into the aluminium alloy by using an aluminium alloy as a base material.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the brake disc indicated by former JP,60-89558,A, since physical properties, such as an elastic modulus of the Fe-Cr-C system alloy layer and aluminium alloy base material which were covered to the sliding surface, and coefficient of linear expansion, come size and

serve as Lycium chinense, there is a problem that exfoliation arises in the interface of a Fe-Cr-C system alloy layer and an aluminium alloy base material according to the difference of thermal expansion at the time of braking.

[0009] Moreover, in the brake disc indicated by latter JP,59-173234,A, since a dry area and discoloration arise on a front face, a friction property is not stabilized to a time, since the aluminium alloy which is the mother layer of composite material is exposed to a sliding surface, and the particle is not distributing to homogeneity, there is a problem that a friction property and abrasion loss change with locations in a sliding surface.

[0010] In order that this invention may eliminate the trouble looked at by said conventional brake disc, it excels the brake disc which used conventional aluminum or a conventional aluminium alloy in endurance, and offers the lightweight compound brake disc with which the abrasion resistance of the brake disc which used iron or steel alone, and equivalent extent, thermal resistance, and heat-resistant crack nature are obtained.

[0011]

[Means for Solving the Problem] this invention persons came to complete a following brake disc and its following manufacture approach, as a result of repeating examination variously, in order to attain said purpose.

(1) A base material is aluminum or an aluminium alloy, and the lightweight compound brake disc of this invention is characterized by being placed between these holes by the charge of a laminated wood which the molten metal of aluminum or an aluminium alloy was made to permeate with the porous material which the surface layer of a sliding surface consists of iron or steel, and consists of the sponge-like metal or metal fiber compression-molding object of the iron with which void contents differ between a base material and the surface layer of a sliding surface, or steel.

[0012] (2) In said lightweight compound brake disc, the physical properties of the charge of a laminated wood which made the molten metal of aluminum or an aluminium alloy permeate this hole with the porous material which consists of the sponge-like metal or metal fiber compression-molding object of the iron with which the void contents which intervene between a base material and the surface layer of a sliding surface differ, or steel are characterized by changing continuously or gradually.

[0013] (3) The manufacture approach of the lightweight compound brake disc this invention produces the member of the iron which serves as a surface layer of a sliding surface beforehand, or steel by forging or casting, carries out the one or more sheet laminating of the sponge-like metal or metal fiber compression-molding object of the iron with which void contents differ on the member of the iron concerned or steel, or steel, and is characterized by slushing the molten metal of aluminum or an aluminium alloy from on the layered product concerned, and casting to one.

[0014]

[Function] As shown in drawing 1, the lightweight compound brake disc of this invention comes to be placed between this hole with the porous material which a base material 1 is aluminum or an aluminium alloy, and the surface layer 3 of a sliding surface 2 consists of iron or steel, and consists of the sponge-like metal or metal fiber compression-molding object of the iron with which void contents differ between a base material 1 and a surface layer 3, or steel in the charge 4 of a laminated wood which the molten metal of aluminum or an aluminium alloy was made to permeate. In addition, 5 is a bolthole.

[0015] Since said charge 4 of a laminated wood has middle physical properties with iron or steel, aluminum, or an aluminium alloy, the exfoliation or the internal crack by the difference of thermal expansion in an interface cannot produce it easily rather than the structure which joined the surface layer 3 of aluminum, the base material 1 of an aluminium alloy and iron, or steel directly. Here, although it is not necessary to limit especially the thickness of a surface layer 3, it is desirable to carry out to 3 - 30% of the maximum thickness of a brake disc in consideration of abrasion loss, lightweight-ized effectiveness, etc. at the time of use.

[0016] Furthermore, in the lightweight compound brake disc of this invention, as shown in drawing 2, the presentation of the charge 4 of a laminated wood which intervenes between a base material 1 and the surface layer 3 of a sliding surface may be changed to the direction of board thickness or circumferential direction of a disk continuously or gradually.

[0017] The cross section on the A-A' line shown in drawing 1 shows the brake disc important section at this time to drawing 2 (a). Moreover, distribution in case the surface layer 3 in drawing 2 (a), the charge 4 of a laminated wood, and the rate of the volume of a base material 1 change to drawing 2 (b) gradually is shown. Thus, if the rate of the volume of each configuration layer changes gradually, as shown in drawing 2 (c), the

physical properties of Young's modulus and coefficient of linear expansion will also change gradually. Therefore, in the interface of a surface layer, the charge of a laminated wood and the charge of a laminated wood, and a base material, it is harder coming to generate an internal crack and exfoliation. Furthermore, it becomes possible by controlling the rate distribution of the volume of drawing 2 (b) to make uniform in the thickness direction thermal expansion decided from temperature and coefficient of linear expansion. This equalization has effectiveness in control of heat deformation of a brake disc.

[0018] Next, the manufacture approach of the lightweight compound brake disc this invention is explained. The flow of the manufacture approach of the lightweight compound brake disc of this invention is shown in drawing 3.

First, the member of the iron used as the surface layer of a sliding surface or steel is produced by forging or casting. The ingredient of the member concerned is the steel JIS for forging, when producing by forging, although it will not limit especially if it is iron or steel. S45C steel, AISI When producing 4330 steel by casting again, use of NCM cast iron, 16Cr stainless steel steel casting, etc. is desirable.

[0019] Subsequently, on the surface layer of said sliding surface, the one or more sheet laminating of the sponge-like metal or the metal fiber compression-molding object 6 of the iron with which void contents differ, or steel is carried out, and the layered product shown in drawing 4 is formed. In addition, 7 shows a hole.

[0020] Said sponge-like metal mixes and sinters metal powder and solid-state organic compound powder melting and by making the pressure, makes homogeneity distribute a hole for solid-state organic compound powder melting and by making it flow out at the time of sintering, is produced, and is a well-known technique already. A desired void content can be obtained by controlling the amount of solid-state organic compound powder.

[0021] Moreover, said metal fiber compression-molding object fabricates fibrous what pressed the fiber of iron, such as steel wool, or steel, or kneaded the plasticizer to the powder of iron or steel, and is made by the compressed approach of carrying out an afterbaking join. A desired void content can be obtained by controlling the pressure or the diameter of fiber at the time of compression molding. In addition, among metal fiber compression-molding object comrades, you may join by soldering etc. between the surface layer member of a sliding surface, a sponge-like metal, or a metal fiber compression-molding object, and between sponge-like metal comrades.

[0022] Finally, monobloc casting of the molten metal of aluminum or an aluminum alloy is slushed and carried out from on said layered product, and a lightweight compound brake disc is obtained. Although are carried out by dedicating casting in this case to the predetermined location in the mold which constituted the layered product from metal mold or a sand mold, and the ambient atmosphere in mold may be among atmospheric air, as for the layered product which decompresses, and makes an inert gas ambient atmosphere further, and is contained in mold, it is desirable to fully carry out a preheating so that the molten metal of aluminum or an aluminum alloy may tend to permeate the hole of a layered product. Moreover, a molten metal can also be pressurized if needed.

[0023] An ingredient with the reinforcement comparatively high as aluminum or a molten metal ingredient of an aluminum alloy in an elevated temperature is desirable. For example, JIS There are 5083 aluminum alloys, JIS6061 aluminum alloy, and an aluminum-Mg system alloy.

[0024] Since Fe₂aluminum₅ it is [aluminum] an intermetallic compound brittle to the interface when iron or steel, aluminum, or an aluminum alloy contacts at an elevated temperature occurs, junction of the above-mentioned combination is difficult. In order to press down the yield of such an intermetallic compound low in this invention, it is desirable to form a thin oxide film in that front face and a hole internal surface as pretreatment of said layered product before casting.

[0025] Since a layered product consists of iron or steel, such a thin oxide skin will be obtained, if it is left in 1-hour or more atmospheric air after not degreasing or degreasing.

[0026] Even if it performs the above pretreatment, since it does not escape, the aluminum or the aluminum alloy which permeated in the hole of said layered product needs to discover the effectiveness of a kind of wedge, and it needs to join firmly that an intermetallic compound with a thickness of about several microns generates to said interface. for this reason -- being alike -- the hole of the sponge-like metal in a layered product or a metal fiber compression-molding object and the dimension of a metal part must be made larger than the thickness of an intermetallic-compound layer. That is, it is desirable to set to 10 micrometers or more the path of the metal powder used at the time of the manufacture and solid-state organic compound powder with a sponge-like metal, and to set the diameter of a metal fiber to 10 micrometers or more with a metal fiber

compression-molding object.

[0027] About the lightweight compound brake disc produced in the above procedure, after treatment, such as grant of the compressive residual stress by anchoring, roll credit, shot peening of the dimension correction by machining, the press between ** between the colds, etc., a cooling fin, a rib, etc., etc., may be performed if needed. In addition, a cooling fin, a rib, etc. can be formed in the phase of casting by devising the configuration of mold.

[0028] The abrasion resistance which excelled [brake disc / which was constituted as mentioned above / lightweight compound] in endurance compared with conventional aluminum or the thing made from an aluminium alloy, and was excellent in iron or the steel thing, and equivalent extent, thermal resistance, and heat-resistant crack nature are obtained.

[0029]

[Example] As an example of this invention, it explains based on the drawing for the wheel inscribed mold brake disc with which a rail car is equipped. As a member used as the surface layer 3 of a sliding surface, it is JIS. The doughnut mold disk with the thickness of 3mm, a bore [of 475mm], and an outer diameter of 755mm was produced with forging using S45C steel.

[0030] Subsequently, it is JIS on the member of said doughnut mold disk. The two-sheet laminating of the sponge-like metal of S45C steel was carried out, and the layered product was produced. It is the thing of the right above of a doughnut mold disk member, and 30%, the void content of this layered product was carried on it, and is 70%. In addition, the configuration of a sponge-like metal is the same as said doughnut mold disk, and both the sheets of the dimension are 755mm in the thickness of 2mm, the bore of 303mm, and outer diameter.

[0031] And it is JIS to the mold which carried out the preheating to 400 degrees C or more at the heater which contained said layered product in the predetermined location in mold, and installed the layered product in the perimeter of mold. Monobloc casting of the molten metal of 5083 aluminium alloys was slushed and carried out. At this time, the molten metal was pressurized from behind.

[0032] Then, it machined for the casting product and the lightweight compound brake disc with 43.5mm in the maximum thickness, the bore of 303mm, an outer diameter [of 755mm], and a weight of about 40kg was made by the shape of a doughnut mold disk type. Weight of said lightweight compound brake disc by implementation of this invention is lightweight-ized about 30% compared with the brake disc of the steel simple substance equipped with the cooling fin with this dimension.

[0033] About the lightweight compound brake disc of this invention produced in the above procedure, a part for a sliding surface part was cut in the thickness direction, and that cross section was observed. Consequently, JIS It is JIS in the hole of the sponge-like metal of S45C steel. The hole where 5083 aluminium alloys have permeated well and remain in the cavity, i.e., a sponge-like metal, was less than 5% at the rate of area of a cross section. This is comparable as the rate of area of the cavity in the usual casting (void fraction). And although generating of metallic-oxide Fe₂aluminum₅ was checked by the interface of a sponge-like metal and an aluminium alloy, the thickness of the intermetallic-compound layer is about 2 micrometers, and there is no problem in macro-bonding strength for said preparations rust effectiveness.

[0034] Next, the base top brake trial was performed by initial velocity 350 km/h and 500 counts of a brake as a test condition about the lightweight compound brake disc of this invention. In addition, it is JIS to a base material because of a comparison. 5083 aluminium alloys are used and it is JIS as a sliding layer of a sliding surface on it. The brake disc (henceforth an S45C covering aluminum brake disc) which covered S45C steel, and JIS produced with forging The brake disc (henceforth an S45C simple substance brake disc) of an S45C steel simple substance was also examined. In this trial, one set of specimens which carried out the sliding surface also to the lightweight compound brake disc of this invention, the S45C covering aluminum brake disc of the example of a comparison, and the S45C simple substance brake disc outside, respectively, and stuck two brake discs, i.e., every two bodies [a total of six] each, was used.

[0035] As a result of examining on said conditions, the crack initiation and the surface dry area in a sliding surface were seen with no brake discs. Moreover, disk abrasion loss is about 0.15mm, lining abrasion loss is about 3.5mm per 50 counts of a brake, and the difference between the lightweight compound brake disc of this invention, an S45C covering aluminum brake disc, an S45C simple substance brake disc, and abrasion loss was not seen. When the lightweight compound brake disc of this invention and the S45C covering aluminum brake disc were cut in the thickness direction after the trial and the cross section was observed, in the lightweight

compound brake disc of this invention, neither the internal crack in an interface nor exfoliation was seen. On the other hand, in the S45C covering aluminum brake disc, the exfoliation which originates in a differential thermal expansion in an interface had arisen.

[0036] Therefore, the lightweight compound brake disc of this invention had abrasion resistance, thermal resistance, and heat-resistant crack nature in the high level of an S45C simple substance brake disc and equivalent extent, and endurance was superior to the S45C covering aluminum brake disc, and, moreover, it was proved that it is more nearly lightweight than an S45C simple substance brake disc.

[0037]

[Effect of the Invention] According to the lightweight compound brake disc of this invention, in spite of using aluminum or an aluminium alloy as a base material, it is durable from the brake disc which used conventional aluminum or a conventional aluminium alloy, and the brake disc of iron or a steel simple substance, the abrasion resistance of equivalent extent, thermal resistance, and heat-resistant crack nature are realized, and, moreover, it can contribute to lightweight-ization of a car body.

[Translation done.]

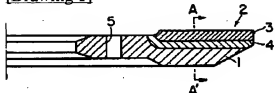
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

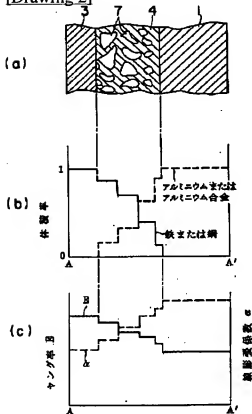
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

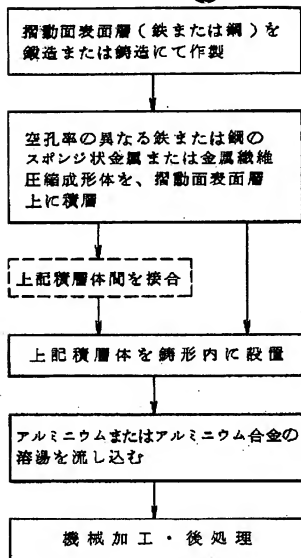
[Drawing 1]



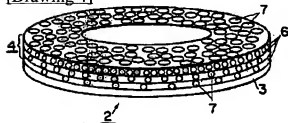
[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.